

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-248366

(43)Date of publication of application : 27.09.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

G02F 1/03

(21)Application number : 07-055711

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 15.03.1995

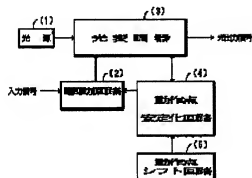
(72)Inventor : NISHIZAWA YOSHINORI
NAKAMOTO HIROSHI
NISHIMOTO HIROSHI

(54) LIGHT TRANSMITTER

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily cope with various kinds of application forms of an optical communication system by shifting and stabilizing an operation point of a drive voltage signal side to an optional position of a voltage-light operating characteristic curve related to a light transmitter of an external modulation system provided with a Mach-Zehnder type optical modulator, etc.

CONSTITUTION: The optical modulator 3 modulates light from a light source 1 according to a drive voltage generated by a drive circuit 2 according to an input signal to output an optical signal. When the voltage-light operating characteristic curve of the optical modulator 3 is drifted due to a secular change and a temp. change, etc., an operation point stabilization circuit 4 detects its drift amount to perform drift compensation. The operation point stabilization circuit 4 shifts the operation point of the drive voltage signal side to the



optional position of the voltage-light operating characteristic curve under the control of an operation point shift circuit 5.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]An optical transmitter comprising:

A light source.

A drive circuit which generates a driver voltage signal according to an input signal.

An optical modulator which changes this input signal into a lightwave signal in modulating light from this light source according to this driver voltage signal.

An operating point stabilization circuit controlled so that a drift amount of a voltage-light operating characteristic curve in which this optical modulator operates is detected and the operating point by the side of this driver voltage signal becomes a fixed position to this voltage-light operating characteristic curve, and an operating point shift circuit which shifts this operating point to arbitrary positions of this voltage-light operating characteristic curve.

[Claim 2]The optical transmitter according to claim 1, wherein this optical modulator is a Mach-Zehnder type optical modulator.

[Claim 3]a bias control circuit which carries out feedback control of the bias of this Mach-Zehnder type optical modulator using a phase detection circuit characterized by comprising the following which outputs a DC signal, and this DC signal and an output signal of this operating point shift circuit, and the optical transmitter according to claim 2 coming out and constituting.

A low frequency wave oscillating circuit where this operating point stabilization circuit outputs a predetermined low frequency signal.

A low frequency wave superposition circuit which applies amplitude modulation to this driver voltage signal of high frequency with this low frequency signal.

A branch circuit which branches a lightwave signal outputted from this Mach-Zehnder type optical modulator.

Polarity and a size according to phase contrast which detected a frequency component of optical - electrical conversion circuit which changes a branched lightwave signal into an electrical signal, and a low frequency signal included in this electrical signal, and was acquired in a phase of this frequency component as compared with a phase of this low frequency signal.

[Claim 4]The optical transmitter according to claim 3, wherein this operating point shift circuit is an offset circuit which outputs and adds arbitrary DC signals to a DC signal outputted from this phase detection circuit.

[Claim 5]The optical transmitter according to claim 3, wherein this operating point shift circuit is a shift circuit which outputs and adds a low frequency wave which has arbitrary amplitude to an electrical signal from this optical-electrical conversion circuit.

[Claim 6]Claims 3 and 4, wherein this low frequency wave superposition circuit superimposes this low frequency signal so that an envelope of a driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with a low frequency signal may be symmetrical and may serve as an opposite phase to a time-axis, or an optical transmitter given in five.

[Claim 7]Claims 3 and 4, wherein this low frequency wave superposition circuit superimposes this low frequency signal so that an envelope of a driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with this low frequency signal may become symmetrical and in phase to a voltage axis, or an optical transmitter given in five.

[Claim 8]Claims 3 and 4, wherein this low frequency wave superposition circuit superimposes this low frequency signal so that an envelope of while of a driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with this low frequency signal may be unsymmetrical to a time-axis and an envelope may turn into a straight line, or an optical transmitter given in five.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Industrial Application]This invention relates to the optical transmitter which has external optical modulators, such as a Mach-Zehnder type optical modulator which modulate the light from a light source and outputs a lightwave signal with the driver voltage signal generated especially according to the input signal, about an optical transmitter.

[0001]

[Description of the Prior Art]The optical transmitter used for the conventional optical fiber communications system is modulating the current which flows into the laser diode which constitutes a light source with an input signal (data signal), and the reactance modulation system which modulates the lightwave signal outputted was adopted. However, in a reactance modulation system, since the influence of the dynamic wavelength variation (chirping) of a lightwave signal becomes large by the wavelength dispersion in the optical fiber of a lightwave signal according to access speed becoming high, long-distance transmission of a lightwave signal has become difficult.

[0002]Then, the optical transmitter of the external modulation system provided with external optical modulators, such as a Mach-Zehnder type optical modulator which chirping does not produce easily theoretically, is proposed. One conventional example of the optical transmitter of this external modulation system is explained in drawing 11 thru/or drawing 16.

[0003]The light from a light source is inputted into the input port 4, and by the branching waveguides 6 and 8, the Mach-Zehnder type optical modulator shown in the top view of drawing 11 branches to two, joins after that, and is outputted from the output port 10. The signal electrode 12 is formed in one branching waveguide 6, and the bias electrode 16 is formed in the branching waveguide 8 of another side.

[0004]The earth electrode 14 is formed near the signal electrode 12, and the earth electrode 18 is formed near the bias electrode 16.

[0005]A driver voltage signal is impressed between the signal electrode 12 and the earth electrode 14, and bias voltage is impressed between the bias electrode 16 and the earth electrode 18.

[0006]The signal electrode 12 is constituted by the progressive wave type so that the electric field by a driver voltage signal may spread to the propagating direction and uniform direction of propagation light of the branching waveguide 6. The driver voltage signal to the signal electrode 12 is inputted from the end 12A of the above-mentioned propagating direction upstream of the signal electrode 12. The terminator machine (not shown) is connected to the end 12B of the downstream of the above-mentioned propagating direction of the signal electrode 12.

[0007]The voltage–light operating characteristic curve showing the operation for which such a Mach–Zehnder type optical modulator modulates light with a driver voltage signal is shown in drawing 12. But this figure shows a theoretic voltage–light operating characteristic curve, and it illustrates an operating characteristic in case the signal electrode 12 and the bias electrode 16 are not formed separately (namely, when there are not the bias electrode 16 and the earth electrode 18 in drawing 11). The figure (a) shows a voltage–light operating characteristic curve, the figure (b) shows an output light signal, and the figure (c) shows the driver voltage signal according to an input signal. A horizontal axis shows the voltage of a driver voltage signal, and a vertical axis shows the outputted ray electric power of a lightwave signal.

[0008]As shown in this voltage–light operating characteristic curve, the lightwave signal outputted to a driver voltage signal has periodicity. And efficient binary abnormal conditions can be performed by using the driver voltages V0 and V1 that the minimal value and the maximal value of outputted ray electric power of a lightwave signal are obtained.

[0009]However, in external optical modulators, such as such a Mach–Zehnder type and an optical modulator, there is a problem which the drift phenomenon from which the operating point by the side of a driver voltage signal shifts to a voltage–light operating characteristic curve produces in connection with aging or a temperature change. That is, as shown in the figure (a), voltage–light operating characteristic curve ** is normal to a driver voltage signal, but characteristic curve ** has the problem of shifting from an all seems well.

[0010]If such a drift arises, a lightwave signal (the figure (b)) will change like ** to **, and will produce waveform distortion and extinction ratio degradation.

[0011]Then, move a driver voltage signal to a voltage direction, and said drift is compensated. It is required to make it coincide the driver voltages V0 and V1 with the minimal value and the maximal value of outputted ray electric power again, respectively, i.e., control the operating point by the side of a driver voltage signal to become a position to a voltage–light operating characteristic curve, and compensate a drift.

[0012]The block diagram of the conventional optical transmitter for performing this compensation is shown in drawing 13. After being inputted into the Mach–Zehnder type optical modulator 26, becoming irregular and outputting the light from the light source 24 as a lightwave signal, it branches in the optical branching circuit 28. The branched lightwave signal is changed into an electrical signal from the photoelectric transducer 30.

[0013]On the other hand, the drive circuit 32 outputs a driver voltage signal corresponding to an input signal, and is superimposed on the low frequency signal from the oscillator 34 in the low frequency wave

superposition circuit 36 to this driver voltage signal. The driver voltage signal with which superposition was performed is given to the input terminal of the signal electrode 12 of the Mach-Zehnder type optical modulator 26 via the capacitor 38. The output terminal of the signal electrode 12 is connected to the terminator machine 42 via the capacitor 40.

[0014]The electrical signal from the photoelectric transducer 30 is inputted into the phase detection circuit 44, and the DC signal of the level were corresponding the phase of the low-frequency component to the direction of said drift as compared with the phase of the low frequency signal from the oscillator 34 are polarity and corresponding to the drift amount is outputted.

[0015]The bias control circuit 46 where the DC signal was inputted carries out feedback control of the bias voltage signal given to the signal electrode 12 so that this DC signal may be set to 0. This bias voltage makes a lightwave signal as well as said driver voltage signal output, and this lightwave signal joins the lightwave signal by said driver voltage signal, and it is outputted as a lightwave signal.

[0016]If the drift has not arisen at this time, a driver voltage signal, a voltage-light operating characteristic curve, and the relation of a lightwave signal outputted become like drawing 14, but if a drift arises, it will become like drawing 15 or drawing 16.

[0017]The phase of the low-frequency component which the lightwave signal of drawing 15 or drawing 16 has will shift from the phase of the low frequency wave on which the driver voltage signal was overlapped, i.e., the phase which is the low frequency waves which the oscillator 34 outputs. And the DC signal according to the phase contrast of the phase of the low-frequency component of a lightwave signal and the phase of the low frequency signal of the oscillator 34 is outputted, and, thereby, drift compensation is performed. f_0 is the frequency of the low-frequency component of a driver voltage signal among a figure.

[0018]The block diagram of the optical transmitter concerning other conventional examples is shown in drawing 17. In said conventional example (drawing 13), after becoming a driver voltage signal of symmetry type to a time-axis by a dc component being removed via the capacitor 38, it was impressed by the signal electrode 12 and symmetrical abnormal conditions were performed, but a driver voltage signal. In this conventional example, not using such a capacitor, the bias electrode 16 is formed instead and the same symmetrical abnormal conditions as having given the symmetrical driver voltage signal to the bias voltage given to this bias electrode 16 to the time-axis by superimposing low frequency signals are enabled.

[0019]In operation, the light from DFB laser 50 as a light source is inputted into the Mach-Zehnder type optical modulator 48 via the optical isolator 52. The light outputted from this Mach-Zehnder type optical modulator 48 branches in the optical branching circuit 28, and a part of branched light is changed into an electrical signal by the photoelectric transducer 30, it is further amplified with the amplifier 64, and is detected by the phase detector 44.

[0020]On the other hand, an input signal is made the driver voltage signal of predetermined amplitude by the drive circuit 54, and is superimposed on the low frequency signal from the oscillator 34 via the variable resistor 58 in the low frequency wave superposition circuit 56.

[0021]The phase detector 44 comprises the synchronous detection circuit 60 and the low pass filter 62, and outputs the DC signal of the level corresponding the phase of the low-frequency component contained in the electrical signal from the amplifier 64 to the phase contrast as compared with the phase of the low frequency signal from the oscillator 34. This DC signal is inputted into the bias control circuit 66, and this

bias control circuit 66 gives bias voltage to the bias electrode 16 of the Mach-Zehnder type optical modulator 48 so that this DC signal may be set to 0.

[0022]The wave type of the signal in each part of the optical transmitter of drawing 17 is shown in drawing 18. That is, the driver voltage signal shown in the figure (a) is given to the signal electrode 12, and the lightwave signal which has a phase change (ϕ_2) shown in the figure (c) is outputted to the branching waveguide 6. The bias voltage signal shown in the figure (b) is given to the bias electrode 16, and the lightwave signal which has a phase change (ϕ_2) shown in the figure (d) is generated in the branching waveguide 8. The lightwave signal of the two branching waveguides 6 and 8 will join, and will output the lightwave signal which has the phase contrast ($\phi_1 - \phi_2$) shown in the figure (e). The lightwave signal outputted serves as a wave type of a symmetrical form to a time-axis, as shown in the figure (e), and the feedback control of it which performs drift compensation using a this wave type low-frequency component becomes possible.

[0023]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Thus, the above two conventional examples both control the operating point by the side of driver voltage to become one predetermined position to a voltage-light operating characteristic curve. That is, suppose that efficient binary abnormal conditions are performed by using the driver voltages V_0 and V_1 that the minimal value and the maximal value which the curve (voltage-light operating characteristic curve) of the outputted ray electric power of the lightwave signal outputted has are obtained, as a driver voltage signal.

[0024]However, in external optical modulators, such as a Mach-Zehnder type optical modulator, various application gestalten can be considered in the present and the future with development of an optical fiber communications system, and to be stabilized and to be able to output a different lightwave signal to a fixed driver voltage signal is desired. For example, the thing for which the lightwave signal which has a high frequency component higher than the high frequency component of the inputted driver voltage signal can be outputted, Or the operation according to various application gestalten, such as outputting the lightwave signal of the train of impulses which has a duty ratio narrower than the train of impulses of the inputted driver voltage signal, is wanted to be performed.

[0025]This invention was made in order to solve the above problem, it is shifting the operating point by the side of voltage to arbitrary positions, and stabilizing it to a voltage-light operating characteristic curve, and an object of this invention is to provide the optical transmitter to which various application gestalten of an optical fiber communications system respond easily.

[0026]

[Means for Solving the Problem]In order to attain the above purpose, an invention of claim 1 has composition shown in drawing 1. Namely, a drive circuit (2) which generates a light source (1) and a driver voltage signal according to an input signal, An optical modulator (3) which changes said input signal into a lightwave signal in modulating light from a light source (1) according to a driver voltage signal, A drift amount of a voltage-light operating characteristic curve in which the optical modulator operates is detected, An operating point stabilization circuit (4) controlled so that the operating point by the side of a driver voltage signal becomes a fixed position to a voltage-light operating characteristic curve (refer to drawing 12 or drawing 14 thru/or drawing 16). It is an optical transmitter provided with an operating point shift circuit (5)

which shifts the above-mentioned operating point to arbitrary positions of the above-mentioned voltage-light operating characteristic curve.

[0027]An invention of claim 2 is an optical transmitter further characterized by the above-mentioned optical modulator (3) being a Mach-Zehnder type optical modulator.

[0028]An invention of claim 3 has composition shown in drawing 2. Namely, further the above-mentioned operating point stabilization circuit (4), A low frequency wave oscillating circuit (6) which outputs a predetermined low frequency signal, and a low frequency wave superposition circuit (7) which applies amplitude modulation to the above-mentioned driver voltage signal of high frequency with this low frequency signal, A branch circuit (8) which branches a lightwave signal outputted from the above-mentioned Mach-Zehnder type optical modulator (3), Optical - electrical conversion circuit (9) which changes a branched lightwave signal into an electrical signal, Detect a frequency component of a low frequency signal included in a changed electrical signal, and a phase of this frequency component is compared with a phase of the above-mentioned low frequency signal, A phase detection circuit (10) which outputs a DC signal which has polarity according to acquired phase contrast, and a size, It is an optical transmitter constituting including a bias control circuit (11) which carries out feedback control of the bias voltage of the above-mentioned Mach-Zehnder type optical modulator (3) using this DC signal and an output signal of an operating point shift circuit (5).

[0029]An invention of claim 4 is an optical transmitter, wherein the above-mentioned operating point shift circuit (5) is an offset circuit (refer to drawing 4) which outputs and adds arbitrary DC signals to a DC signal outputted from the above-mentioned phase detection circuit (10) further.

[0030]An invention of claim 5 is an optical transmitter, wherein the above-mentioned operating point shift circuit (5) is a shift circuit (refer to drawing 5) which outputs and adds a low frequency wave which has arbitrary amplitude to an electrical signal from the above-mentioned optical - electrical conversion circuit (9) further.

[0031]Further, an invention of claim 6 is an optical transmitter superimposing a low frequency signal so that a low frequency wave superposition circuit (7) may have a symmetrical envelope of a driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with a low frequency signal to a time-axis and may serve as an opposite phase (refer to drawing 7).

[0032]Further, an invention of claim 7 is an optical transmitter superimposing a low frequency signal so that a low frequency wave superposition circuit (7) may have a symmetrical envelope of a driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with a low frequency signal to a voltage axis and may become in phase (refer to drawing 8).

[0033]Further, an invention of claim 8 has an unsymmetrical envelope of a driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with a low frequency signal to a time-axis, and its low frequency wave superposition circuit (7) is an optical transmitter superimposing a low frequency signal so that one envelope may turn into a straight line (refer to drawing 10).

[0034]

[Function]In the invention of claim 1 or 2, as shown in drawing 1, according to the driver voltage signal generated by the drive circuit (2) according to the input signal, an optical modulator (3) modulates the light from a light source (1), and a lightwave signal is outputted.

[0035]If the voltage-light operating characteristic curve in which the optical modulator (3) operates starts the drift by a temperature change etc. at this time, an operating point stabilization circuit (4) will detect that drift amount, and it will control so that the operating point by the side of voltage becomes a fixed position to a voltage-light operating characteristic curve, and drift compensation will be performed.

[0036]To this operating point stabilization circuit (4), the operating point shift circuit (5) is carrying out shift control of the above-mentioned operating point to the arbitrary positions of the above-mentioned voltage-light operating characteristic curve.

[0037]In the invention of claim 3, as shown in drawing 2, a low frequency wave superposition circuit (7) applies amplitude modulation to the above-mentioned driver voltage signal of high frequency further with the predetermined low frequency signal with which the low frequency wave oscillating circuit (6) outputted the control by the above-mentioned operating point stabilization circuit (4). On the other hand, the lightwave signal outputted from the above-mentioned Mach-Zehnder type optical modulator (3) branches by a branch circuit (8). The branched lightwave signal is changed into an electrical signal by optical - electrical conversion circuit (9), and a phase detection circuit (10) detects the frequency component of the low frequency signal included in the changed electrical signal, and compares the phase of this frequency component with the phase of the above-mentioned low frequency signal. The DC signal which has the polarity according to the acquired phase contrast and a size is outputted. Using this DC signal and the output signal of an operating point shift circuit (5), it is carried out because a bias control circuit (11) carries out feedback control of the bias voltage of the above-mentioned Mach-Zehnder type optical modulator (3).

[0038]In the invention of claim 4, the offset circuit (refer to drawing 4) which is the above-mentioned operating point shift circuit (5) outputs and adds arbitrary DC signals to the DC signal from the above-mentioned phase detection circuit (10) further. The above-mentioned operating point can be shifted to the arbitrary positions of the above-mentioned voltage-light operating characteristic curve by adjusting the size of this arbitrary DC signal.

[0039]In the invention of claim 5, the shift circuit (refer to drawing 5) which is the above-mentioned operating point shift circuit (5) outputs and adds further the low frequency wave which has arbitrary amplitude to the electrical signal from the above-mentioned optical - electrical conversion circuit (9). The above-mentioned operating point can be shifted to the arbitrary positions of the above-mentioned voltage-light operating characteristic curve by adjusting the size of this arbitrary amplitude.

[0040]In the invention of claim 6, further, a low frequency wave superposition circuit (7) superimposes a low frequency signal so that the envelope of the driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with the low frequency signal may be symmetrical and may serve as an opposite phase to a time-axis. The lightwave signal which has a low-frequency component of the same frequency as the low-frequency component which has a high frequency component twice the frequency of the high frequency component which this driver voltage signal has, and a driver voltage signal has by using such a driver voltage signal on which it was superimposed can be acquired (refer to drawing 7).

[0041]In the invention of claim 7, further, a low frequency wave superposition circuit (7) superimposes a low frequency signal so that the envelope of the driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with the low frequency signal may be symmetrical and may become in phase to a voltage axis. By using such a driver voltage signal on which it was superimposed, it has a high frequency

component twice the frequency of the high frequency component which this driver voltage signal has, and a lightwave signal without a low-frequency component can be acquired (refer to drawing 8).

[0042]In the invention of claim 8, further, a low frequency wave superposition circuit (7) has the unsymmetrical envelope of the driver voltage signal of high frequency which received amplitude modulation with the low frequency signal to a time-axis, and it superimposes a low frequency signal so that one envelope may turn into a straight line. By using such a driver voltage signal on which it was superimposed, it has a high frequency component of the same frequency as the high frequency component which this driver voltage signal has, The lightwave signal which has a low-frequency component of the same frequency as the low-frequency component which a driver voltage signal has, and consists of a train of impulses with a small duty ratio can be acquired (refer to drawing 10).

[0043]

[Example]The first example of the optical transmitter concerning this invention is described in drawing 3. Although this drawing 3 is fundamentally the same as drawing 2, It is what added the operating point shift circuit 47 to drawing 13 in which a conventional example is shown, the bias control circuit 46 which constitutes a part of operating point stabilization circuit (refer to drawing 2) with the output signal from this operating point shift circuit 47 is controlled, and it constitutes so that the operating point may be shifted to the arbitrary positions of a voltage-light operating characteristic curve.

[0044]It is inputted into the Mach-Zehnder type optical modulator 26, and becomes irregular according to the driver voltage signal impressed to the electrode 12 for signals, and the light from the light source 24 is outputted as a lightwave signal. A part of lightwave signal branches in the optical branching circuit 28. While branched and light is taken out as a lightwave signal used for optical communications. The light of another side is changed into an electrical signal by the photoelectric transducer 30.

[0045]On the other hand, the drive circuit 32 outputs the driver voltage signal of high frequency so that a lightwave signal may turn on and off corresponding to the logical level of an input signal. This driver voltage signal is inputted into the low frequency wave superposition circuit 36, and is superimposed on the low frequency signal from the oscillator 34.

[0046]The driver voltage signal with which it was superimposed on the low frequency signal is inputted into the input edge of the signal electrode 12 via the decoupling capacitor 38. A dc component is eliminated from a driver voltage signal by this, and the wave-like driver voltage signal shown in drawing 6 (c) is outputted. That is, to the time-axis (the figure vertical axis), two envelopes are symmetrical and serve as an opposite phase.

[0047]As concretely shown in drawing 6, the low frequency wave superposition circuit 36 comprises the transistor 361, the driver voltage signal (the figure (d)) of high frequency is impressed to the base 362, a low frequency signal (the figure (e)) is impressed to the collector 363 via the resistance 364, and the emitter 365 is grounded. The driver voltage signal with which superposition was carried out for the low frequency signal as this shows in the figure (c) from the node of the resistance 364 and the collector 363 is outputted. This driver voltage signal is inputted into the input edge of the signal electrode 12, and outputs a lightwave signal as shown in the figure (b). The outgoing end of the signal electrode 12 is connected to the terminator machine 42 via the decoupling capacitor 40, as shown in drawing 3.

[0048]The phase detection circuit 44 compares with the phase of the low frequency signal from the

oscillator 34 the phase of the low-frequency component contained in the electrical signal from the photoelectric transducer 30. And DC (direct current voltage) signal of polarity and a size according to the direction and size of phase contrast is outputted. That is, the DC signal of the level according to the polarity of the drift of optical-voltage light operating characteristic curve (the figure (a)) and a drift amount will be outputted.

[0049] This DC signal is inputted into the bias control circuit 46 which consists of operational amplifiers etc. The bias control circuit 46 carries out feedback control of the bias voltage given to the signal electrode 12 so that this DC signal may be set to 0.

[0050] Thus, if feedback control that a DC signal is set to 0 is performed, as shown in drawing 6, the drift between a driver voltage signal, and light / voltage operating characteristic curve will be lost.

[0051] Now, the operating point shift circuit 47 is connected to the bias control circuit 46 in this example, and the output from the bias control circuit 46 is shifted to any value. That is, the horizontal-axis top of a voltage-light operating characteristic curve (the figure (a)) is shifted to arbitrary positions for the operating point of a driver voltage signal (the figure (c)). The state where it shifted 90 degrees compared with the case where the shifted position is drawing 6 is shown in drawing 7.

[0052] In this drawing 7, the wave-like center of a driver voltage signal has shifted the operating point by the side of a driver voltage signal, and can output a lightwave signal as shown in the figure (b) so that it may be in agreement with the driver voltage from which the minimal value of outputted ray electric power is obtained to a voltage-light operating characteristic curve.

[0053] That is, this lightwave signal has a high frequency component twice the frequency of the high frequency component which a driver voltage signal has. It has a low-frequency component of the same frequency as the low-frequency component which a driver voltage signal has, and amplitude is further set to one half of driver voltage signals.

[0054] Thus, it has various meanings that the conventional lightwave signal (refer to drawing 14) and a different lightwave signal are outputted to a fixed driver voltage signal. It is being able to output the lightwave signal which has a for example very high high frequency component as one of them.

[0055] That is, if the lightwave signal was high frequency, as for a certain forge fire, a lot of information will be transmitted at high speed, but it was difficult to include such a high high frequency component in the driver voltage signal outputted by the limit of the electric circuit itself from an electric circuit. Even if it does not include such a high high frequency component in the driver voltage signal itself to it according to this example, it becomes possible to include a very high high frequency component in the electrical signal outputted.

[0056] Next, drawing 4 explains the optical transmitter by the second example of this invention. This drawing 4 establishes the operating point shift circuit 72 in drawing 17 in which a conventional example is shown, connects the output signal of this operating point shift circuit 72 to the non-inversed input terminal of the bias control circuit 66, and grounds this non-inversed input terminal via the resistance 78.

[0057] First, the Mach-Zehnder type optical modulator 48 used for this example is provided with the signal electrode 12 and the bias electrode 16.

[0058] The light from the distributed feedback laser diode 50 as a light source is inputted into the optical modulator 48 via the optical isolator 52. The inputted light is outputted as a lightwave signal, after becoming

irregular. The outputted lightwave signal branches in the optical branching circuit 28 which consists of optical couplers etc., and while branched, and a lightwave signal is sent out to the optical transmission line which is not illustrated, and is used for optical communications. The lightwave signal of another side is changed into an electrical signal by the photoelectric transducer 30 constituted using a photo-diode etc., is further amplified with the amplifier 64, and is inputted into the phase detection circuit 44.

[0059]On the other hand, the drive circuit 54 is an amplifying circuit, amplifies an input signal and outputs it as a driver voltage signal of predetermined amplitude. This driver voltage signal is superimposed on the low frequency signal sent through the variable resistor 58 from the oscillator 34 in the low frequency wave superposition circuit 56, and amplitude is modulated.

[0060]The variable resistor 58 is for adjusting the modulation factor of the amplitude modulation by a low frequency signal.

[0061]The phase detection circuit 44 comprises the synchronous detection circuit 60 and the low pass filter 62, and the phase of the low-frequency component contained in the electrical signal from the amplifier 64 is compared with the phase of the low frequency signal from the oscillator 34, It is the polarity according to the direction of an operating point drift, and is for acquiring the DC signal of the level according to the size of the drift amount.

[0062]This DC signal is inputted into the bias control circuit 66. The bias control circuit 66 comprises an operational amplifier, and this operational amplifier has composition to which the negative feed back was applied, Bias voltage will be given to the bias electrode 16 of the optical modulator 48 so that the DC signal inputted into the inversed input terminal side may become equal to the voltage (set to 0 when grounded like conventional drawing 17) by the side of the non-inversed input terminal which receives the output signal of the operating point shift circuit 72.

[0063]In this second example, not the thing that has the capacitor 38 like the first example (drawing 3) but the driver voltage signal is directly given to the signal electrode 12. For this reason, the driver voltage signal wave form of the shape which becomes symmetrical to a time-axis as a dc component not removed from a driver voltage signal and shown in drawing 6 (c) is not obtained.

[0064]Then, in order to enable the symmetrical abnormal conditions which can acquire the waveform of such symmetrical shape, a low frequency signal is superimposed also on the bias voltage given to the bias electrode 16 (refer to drawing 11) provided independently [the signal electrode 12].

[0065]That is, the low frequency signal from the oscillator 34 is given to the bias electrode 16 via the variable resistor 68 and the coupling capacitor 70.

[0066]Now, the operating point shift circuit 72 provided to the bias control circuit 66 in this example is an offset circuit which outputs arbitrary DC signals. This offset circuit is a buffer circuit constituted using the operational amplifier 74.

The voltage of noninverting input one end arbitrarily set up with the variable resistor 76 is outputted to the output terminal side.

[0067]By having such composition, by changing the resistance of the variable resistor 76 of the operating point shift circuit 72, arbitrary DC signals can be outputted from the operating point shift circuit 72, and this DC signal will be added to the DC signal from the phase detection circuit 44.

[0068]Namely, although feedback control that the DC signal from the phase detection circuit 44 was set to 0 by the bias control circuit 66 was performed conventionally, Feedback control which becomes the same [the DC signal from the phase detection circuit 44] as the output signal from the operating point shift circuit 72 in this example will be performed.

[0069]Thus, by making the resistance of the variable resistor 76 into any value, the operating point of a voltage–light operating characteristic curve can be shifted to arbitrary positions.

[0070]It may be a shift circuit which the operating point shift circuit 72 outputs the low frequency wave which has arbitrary amplitude, and is added like [in the above example / second / although it was offset circuit which outputs DC signals with arbitrary operating point shift circuit 72, and is added] the third example shown in drawing 5.

[0071]That is, the low frequency signal from the oscillator 34 is amplified to arbitrary amplitude with the reversal variable amplifier constituted by the operational amplifier 80. An amplification factor is decided by the ratio of two resistance 82 and 84, and amplitude will become large if the value of the variable resistor 82 is enlarged.

[0072]This amplified low frequency signal is added to the electrical signal from the amplifier 64. The operating point can be shifted to the arbitrary positions of a voltage–light operating characteristic curve also by this.

[0073]In the above three examples, to a time–axis, the driver voltage signal with which the operating point to a voltage–light operating characteristic curve is shifted is symmetrical, and serves as an opposite phase (refer to drawing 7).

[0074]However, the thing which are shown in drawing 8 and which two envelopes of a driver voltage signal (the figure (c)) superimpose like the fourth example so that it may become in phase to a time–axis is also possible. Such superposition is impressed like the superposition circuit 36 of a graphic display, doubling not only the driver voltage signal (the figure (d)) of high frequency but a low frequency signal (the figure (e)) with the base 362 of the transistor 361. The collector 363 is connected to the driving source of the transistor 361 via the resistance 364. The emitter 365 is grounded. The capacitor 38 as shown in drawing 6 is not formed. A driver voltage signal as this shows in the figure (c) from the node of the collector 363 and the resistance 364 is outputted.

[0075]The operating point by the side of a driver voltage signal shall be shifted to the wave–like center of a driver voltage signal so that it may be in agreement with the driver voltage from which the minimal value of outputted ray electric power is obtained to a voltage–light operating characteristic curve at this time. The lightwave signal (the figure (b)) outputted at this time has a high frequency component twice the frequency of the high frequency component which a driver voltage signal has, and the low–frequency component of it is lost. It becomes possible to output the lightwave signal embraced by the specific application gestalt of an optical fiber communications system by this.

[0076]Two envelopes of the driver voltage signal outputted are unsymmetrical to a time–axis like the fifth example shown in drawing 9, and it is also possible to superimpose a low frequency signal so that one envelope may turn into a straight line.

[0077]That is, a high frequency input signal (the figure (d)) is impressed to the base 362 of the transistor 361, and a low frequency signal (the figure (e)) is impressed to the collector 363 via the resistance 364.

Thereby, a driver voltage signal as shown in the figure (c) can be outputted from the node of collector side 363 and the resistance 364.

[0078]The center of the low frequency wave which serves as one envelope of a driver voltage signal at this time shifts the operating point of a driver voltage signal so that it may be in agreement with the driver voltage from which the minimal value of outputted ray electric power is obtained to a voltage-light operating characteristic curve (the figure (a)).

[0079]The lightwave signal (the figure (b)) outputted by this has a high frequency component of the same frequency as the high frequency component which a driver voltage signal has. It has a low-frequency component of the same frequency as the low-frequency component which a driver voltage signal has.

[0080]As shown in drawing 10, the train of impulses of the lightwave signal is what has a small duty ratio rather than the train of impulses of the driver voltage signal by rough-*(ing) the train of impulses which constitutes this driver voltage signal. Thus, by acquiring the lightwave signal of a train of impulses with a small duty ratio, a lightwave signal applicable to false soliton transmission which is a specific application gestalt of an optical fiber communications system can be acquired.

[0081]

[Effect of the Invention]In the invention of claim 1, 2, 3, 4, or 5, using an operating point stabilization circuit, the above-mentioned operating point can be shifted to the arbitrary positions of the above-mentioned voltage-light operating characteristic curve, an operating point shift circuit shifts the operating point by the side of voltage to arbitrary positions to a voltage-light operating characteristic curve, and stability is carried out.

Therefore, the various application gestalt of an optical fiber communications system responds easily. According to the invention of claim 6, it has further a high frequency component twice the frequency of the high frequency component which a driver voltage signal has. The lightwave signal which has a low-frequency component of the same frequency as the low-frequency component which a driver voltage signal has can be acquired by being stabilized (refer to drawing 7), and the predetermined application gestalt of an optical fiber communications system responds easily. According to the invention of claim 7, it has further a high frequency component twice the frequency of the high frequency component which a driver voltage signal has, and a lightwave signal without a low-frequency component can be acquired by being stabilized (refer to drawing 8), and the predetermined application gestalt of an optical fiber communications system responds easily. It has a high frequency component of the still more nearly same frequency as the high frequency component which a driver voltage signal has according to the invention of claim 8. It has a low-frequency component of the same frequency as the low-frequency component which a driver voltage signal has, and the lightwave signal which consists of a train of impulses with a small duty ratio can be acquired by being stabilized (refer to drawing 10), and the predetermined application gestalt of an optical fiber communications system responds easily.

[Translation done.]

特開平8-248366

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 9 月 27 日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/035		G 0 2 F	1/035
	1/03	5 0 2		1/03 5 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-55711

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 3 月 15 日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号

(72) 発明者 西澤 義徳

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 中元 洋

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 西本 央

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 茂泉 修司

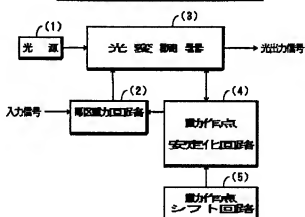
(54) 【発明の名称】 光送信器

(57) 【要約】

【目的】 マッハツェンダ型光変調器等を備えた外部変調方式の光送信器に関し、駆動電圧信号側の動作点を電圧—光動作特性曲線に対して任意の位置にシフトし安定させることで、光通信システムの種々の適用形態に容易に応じられるようにする。

【構成】 入力信号に応じて駆動回路 2 により発生された駆動電圧に応じて、光源 1 からの光を光変調器 3 が変調して光信号を出力する。光変調器 3 の電圧—光動作特性曲線が経年変化や温度変化等によりドリフトを起こすと、そのドリフト量を動作点安定化回路 4 が検出してドリフト補償を行う。この動作点安定化回路 4 は、動作点シフト回路 5 からの制御を受けて駆動電圧信号側の動作点を電圧—光動作特性曲線の任意の位置にシフトする。

本発明の構成を概略的に示す図 (1)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、入力信号に応じた駆動電圧信号を発生する駆動回路と、該駆動電圧信号に応じて該光源からの光を変調することで該入力信号を光信号に変換する光変調器と、該光変調器が動作する電圧—光動作特性曲線のドリフト量を検出して該駆動電圧信号側の動作点を該電圧—光動作特性曲線に対して一定の位置になるように制御する動作点安定化回路と、該動作点を該電圧—光動作特性曲線の任意の位置にシフトする動作点シフト回路と、を備えたことを特徴とする光送信器。

【請求項 2】 該光変調器は、マッハツェンダ型光変調器であることを特徴とする請求項 1 記載の光送信器。

【請求項 3】 該動作点安定化回路は、所定の低周波信号を出力する低周波発振回路と、該低周波信号により高周波の該駆動電圧信号に振幅変調をかける低周波重畳回路と、該マッハツェンダ型光変調器から出力される光信号を分岐する分岐回路と、分岐された光信号を電気信号に変換する光—電気変換回路と、該電気信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、この周波数成分の位相を該低周波信号の位相と比較して得られた位相差に応じた極性と大きさを有する D C 信号を出力する位相検出回路と、この D C 信号と該動作点シフト回路の出力信号とを用いて該マッハツェンダ型光変調器のバイアスをフィードバック制御するバイアス制御回路と、と構成されることを特徴とする請求項 2 記載の光送信器。

【請求項 4】 該動作点シフト回路は、該位相検出回路から出力される D C 信号に対し、任意の D C 信号を出力して加算するオフセット回路であることを特徴とする請求項 3 記載の光送信器。

【請求項 5】 該動作点シフト回路は、該光—電気変換回路からの電気信号に対し、任意の振幅を有する低周波を出力して加算するシフト回路であることを特徴とする請求項 3 記載の光送信器。

【請求項 6】 該低周波重畳回路は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、時間軸に対し対称で逆位相となるように該低周波信号の重畳を行うことを特徴とする請求項 3、4、または 5 記載の光送信器。

【請求項 7】 該低周波重畳回路は、該低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、電圧軸に対し対称で同位相となるように該低周波信号の重畳を行うことを特徴とする請求項 3、4、または 5 記載の光送信器。

【請求項 8】 該低周波重畳回路は、該低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、時間軸に対し非対称で一方の包絡線が直線となるように、該低周波信号の重畳を行うことを特徴とする請求項 3、4、または 5 記載の光送信器。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】 本発明は光送信器に関し、特に入

力信号に応じて発生させた駆動電圧信号により、光源からの光を変調して光信号を出力するマッハツェンダ型光変調器などの外部光変調器を有する光送信器に関するものである。

【0001】

【従来の技術】 従来の光通信システムに使用される光送信器は、光源を構成するレーザダイオードに流れる電流を入力信号（データ信号）により変調することで、出力される光信号を変調する直接変調方式が採用されていた。しかし、直接変調方式では、光信号の光ファイバー内における波長分散により、伝送速度が高くなるに従って光信号の動的波長変動（チャーピング）の影響が大きくなるので、光信号の長距離伝送が困難となってきた。

【0002】 そこで、原理的にチャーピングが生じにくいマッハツェンダ型光変調器等の外部光変調器を備えた外部変調方式の光送信器が提案されている。この外部変調方式の光送信器の一従来例を図 11 乃至図 16 において説明する。

【0003】 図 11 の平面図に示すマッハツェンダ型光変調器は、光源からの光が入力ポート 4 に入力され、分岐導波路 6、8 で 2 つに分岐し、その後合流して出力ポート 10 から出力される。一方の分岐導波路 6 には信号電極 12 が設けられ、他方の分岐導波路 8 にはバイアス電極 16 が設けられている。

【0004】 また信号電極 12 の近傍には接地電極 14 が設けられ、バイアス電極 16 の近傍には接地電極 18 が設けられている。

【0005】 駆動電圧信号は信号電極 12 と接地電極 14 との間に印加され、バイアス電圧はバイアス電極 16 と接地電極 18 との間に印加される。

【0006】 信号電極 12 は、駆動電圧信号による電界が分岐導波路 6 の伝搬光の伝搬方向と同一方向に伝搬するように進行波型に構成されている。信号電極 12 への駆動電圧信号は、信号電極 12 の上記伝搬方向上流側の端子 12 A から入力される。また、信号電極 12 の上記伝搬方向の下流側の端子 12 B は終端抵抗器（図示せず）が接続されている。

【0007】 このようなマッハツェンダ型光変調器が駆動電圧信号により光を変調する動作を表す電圧—光動作特性曲線を図 12 に示す。もともと、この図は原理的な電圧—光動作特性曲線を示すものであり、信号電極 12 とバイアス電極 16 が別個に設けられていない場合（即ち、図 11 においてバイアス電極 16 および接地電極 18 がない場合）の動作特性を説明する。尚、同図（a）は電圧—光動作特性曲線を示し、同図（b）は出力光信号を示し、同図（c）は入力信号に応じた駆動電圧信号を示している。また、横軸は駆動電圧信号の電圧を示し、縦軸は光信号の出力光電力を示す。

【0008】 この電圧—光動作特性曲線に示すように、

駆動電圧信号に対し出力される光信号は周期性を有する。そして、光信号の出力光電力の極小値および極大値が得られるような駆動電圧 V_0 および V_1 を用いることで、効率的な 2 値変調を行うことができる。

【0009】しかしながら、このようなマッハツェンダ型または光変調器等のような外部光変調器においては、経時変化や温度変化に伴い、電圧—光動作特性曲線に対して駆動電圧信号側の動作点がずれてしまうドリフト現象が生じる問題がある。即ち、同図 (a) で示すように電圧—光動作特性曲線①は駆動電圧信号に対して正常なものであるが、特性曲線②は正常状態からずれてしまうという問題がある。

【0010】このようなドリフトが生じると、光信号 (同図 (b)) は①から②のように変化し、波形歪みおよび消光比劣化を生じる。

【0011】そこで駆動電圧信号を電圧方向に移動させて前記ドリフトを補償して、再び駆動電圧 V_0 および V_1 をそれぞれ出力光電力の極小値および極大値に一致させるようにすると、即ち駆動電圧信号側の動作点を電圧—光動作特性曲線に対して所定の位置になるように制御しドリフトを補償することが必要である。

【0012】この補償を行うための従来の光送信器のブロック図を図 13 に示す。光源 24 からの光がマッハツェンダ型光変調器 26 に入力され、変調された光信号として出力された後に光分岐回路 28 で分岐される。分岐された光信号は光—電気変換器 30 より電気信号に変換される。

【0013】一方、駆動回路 32 は入力信号に対応して駆動電圧信号を出力し、この駆動電圧信号に対し低周波重畳回路 36 において、発振器 34 からの低周波信号が重畳される。重畳が行われた駆動電圧信号は、コンデンサ 38 を介してマッハツェンダ型光変調器 26 の信号電極 12 の入力端子に与えられる。信号電極 12 の出力端子は、コンデンサ 40 を介して終端抵抗 42 に接続されている。

【0014】光—電気変換器 30 からの電気信号が位相検出回路 44 に入力され、低周波成分の位相を発振器 34 からの低周波信号の位相と比較し、前記ドリフトの方向に応じた極性で、かつドリフト量に応じたレベルの DC 信号を出力する。

【0015】DC 信号が入力されたバイアス制御回路 46 は、この DC 信号が 0 になるように、信号電極 12 に与えるバイアス電圧信号をフィードバック制御する。このバイアス電圧は前記駆動電圧信号と同様の光信号を出力させ、この光信号は前記駆動電圧信号による光信号と合流して光信号として出力される。

【0016】このときドリフトが生じていなければ、駆動電圧信号、電圧—光動作特性曲線、および出力される光信号の関係は図 14 のようになるが、ドリフトが生じると図 15 または図 16 のようになる。

【0017】図 15 または図 16 の光信号が有する低周波成分の位相は、駆動電圧信号に重畳された低周波の位相、即ち発振器 34 が出力する低周波の位相とずれることになる。そして、光信号の低周波成分の位相と発振器 34 の低周波信号の位相との位相差に応じた DC 信号が出力され、これによりドリフト補償が行われる。なお、図中、 f_0 は駆動電圧信号の低周波成分の周波数である。

【0018】図 17 に他の従来例に係る光送信器のブロック図を示す。前記従来例 (図 13) においては、駆動電圧信号はコンデンサ 38 を介して直流成分が除かれることで時間軸に対して対称の形の駆動電圧信号になった後に信号電極 12 に印加されて対称変調が行われていたが、この従来例ではそのようなコンデンサを用い、代わりにバイアス電極 16 を設け、このバイアス電極 16 に与えるバイアス電圧に低周波数信号を重畳することで時間軸に対称な駆動電圧信号を与えたのと同じ対称変調を可能にしている。

【0019】動作において、光源としての DFB レーザ 50 からの光は、光アイソレータ 52 を介してマッハツェンダ型光変調器 48 に入力される。このマッハツェンダ型光変調器 48 から出力された光は、光分岐回路 28 で分岐され、分岐された光の一部は、光—電気変換器 30 により電気信号に変換され、さらに増幅器 64 で増幅されて位相検出器 44 に検出される。

【0020】一方、入力信号は駆動回路 54 より所定の振幅の駆動電圧信号とされ、低周波重畳回路 56 において、発振器 34 からの低周波信号が可変抵抗器 58 を介して重畳される。

【0021】位相検出器 44 は、同期検出回路 60 と低域通過フィルタ 62 から成り、増幅器 64 からの電気信号に含まれる低周波成分の位相を、発振器 34 からの低周波信号の位相と比較して、その位相差に応じたレベルの DC 信号を出力する。この DC 信号はバイアス制御回路 66 に入力され、このバイアス制御回路 66 はこの DC 信号が 0 となるようにマッハツェンダ型光変調器 48 のバイアス電極 16 にバイアス電圧を与える。

【0022】図 17 の光送信器の各部における信号の波型を図 18 に示す。即ち、信号電極 12 には同図 (a) に示す駆動電圧信号が与えられ、同図 (c) に示す位相変化 ($\phi 2$) を有する光信号を分岐導波路 6 に出力する。バイアス電極 16 には同図 (b) に示すバイアス電圧信号が与えられ、同図 (d) に示す位相変化 ($\phi 2$) を有する光信号を分岐導波路 8 に発生する。2 つの分岐導波路 6、8 の光信号は合流され、同図 (e) に示す位相差 ($\phi 1 - \phi 2$) を有する光信号を出力することになる。出力される光信号は同図 (e) に示すように時間軸に対して対称な形の波型となり、この波型の低周波成分を用いてドリフト補償を行うフィードバック制御が可能となる。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】このように、以上の2つの従来例は共に、駆動電圧側の動作点を電圧—光動作特性曲線に対して所定の1つの位置になるように制御するものであった。即ち、出力される光信号の出力光電力の曲線（電圧—光動作特性曲線）が有する極小値および極大値が得られるような駆動電圧V0およびV1を、駆動電圧信号として用いることにより、効率的な2値変調を行うとするものであった。

【0024】しかしながら、光通信システムの発達に伴いマッハツェンダ型光変調器などの外部光変調器においては、現在および将来において種々の適用形態が考えられており、一定の駆動電圧信号に対し異なる光信号を安定して出力できることが望まれている。例えば、入力された駆動電圧信号の高周波成分よりも高い高周波成分を有する光信号を出力できること、あるいは入力された駆動電圧信号のハルス列よりも狭いデューティ比を有するパルス列の光信号を出力すること等、種々の適用形態に応じた動作が行われることが望まれている。

【0025】本発明は、以上の問題点を解決するためになされたもので、電圧側の動作点を電圧—光動作特性曲線に対して任意の位置にシフトし安定させることで、光通信システムの種々の適用形態に容易に応じられる光送信器を提供する事を目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するために、請求項1の発明は、図1に示す構成となっている。すなわち、光源（1）と、入力信号に応じた駆動電圧信号を発生する駆動回路（2）と、駆動電圧信号に応じた光源（1）からの光を変調することで前記入力信号を光信号に変換する光変調器（3）と、光変調器が動作する電圧—光動作特性曲線のドリフト量を検出して、駆動電圧信号側の動作点が電圧—光動作特性曲線（図12、または図14乃至図16参照）に対して一定の位置になるように制御する動作点安定化回路（4）と、上記動作点を上記電圧—光動作特性曲線の任意の位置にシフトする動作点シフト回路（5）と、を備えたことを特徴とする光送信器である。

【0027】請求項2の発明は、さらに、上記光変調器（3）が、マッハツェンダ型光変調器であることを特徴とする光送信器である。

【0028】請求項3の発明は、図2に示す構成となっている。すなわち、さらに、上記動作点安定化回路（4）は、所定の低周波信号を出力する低周波発振回路（6）と、この低周波信号により高周波の上記駆動電圧信号に振幅変調をかける低周波重畳回路（7）と、上記マッハツェンダ型光変調器（3）から出力される光信号を分岐する分岐回路（8）と、分岐された光信号を電気信号に変換する光—電気変換回路（9）と、変換された電気信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、

この周波数成分の位相を上記低周波信号の位相と比較して、得られた位相差に応じた極性と大きさを有するDC信号を出力する位相検出回路（10）と、このDC信号と動作点シフト回路（5）の出力信号とを用いて上記マッハツェンダ型光変調器（3）のバイアス電圧をフィードバック制御するバイアス制御回路（11）と、を含んで構成されることを特徴とする光送信器である。

【0029】請求項4の発明は、さらに、上記動作点シフト回路（5）は、上記位相検出回路（10）から出力されるDC信号に対し、任意のDC信号を出力して加算するオフセット回路（図4参照）であることを特徴とする光送信器である。

【0030】請求項5の発明は、さらに、上記動作点シフト回路（5）は、上記光—電気変換回路（9）からの電気信号に対し、任意の振幅を有する低周波を出力して加算するシフト回路（図5参照）であることを特徴とする光送信器である。

【0031】請求項6の発明は、さらに、低周波重畳回路（7）は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、時間軸に対称で、逆位相となるように（図7参照）、低周波信号の重畳を行うことを特徴とする光送信器である。

【0032】請求項7の発明は、さらに、低周波重畳回路（7）は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、電圧軸に対称で、同位相となるように（図8参照）、低周波信号の重畳を行うことを特徴とする光送信器である。

【0033】請求項8の発明は、さらに、低周波重畳回路（7）は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、時間軸に対し非対称で、一方の包絡線が直線となるように（図10参照）、低周波信号の重畳を行うことを特徴とする光送信器である。

【0034】

【作用】請求項1または2の発明では、図1に示すように、入力信号に応じて駆動回路（2）により発生された駆動電圧信号に応じて、光源（1）からの光を光変調器（3）が変調して光信号を出力する。

【0035】このとき、光変調器（3）が動作する電圧—光動作特性曲線が温度変化などによるドリフトを起こすと、そのドリフト量を動作点安定化回路（4）が検出して、電圧側の動作点が電圧—光動作特性曲線に対して一定の位置になるように制御し、ドリフト補償をおこなう。

【0036】この動作点安定化回路（4）に対しては、動作点シフト回路（5）が上記動作点を上記電圧—光動作特性曲線の任意の位置にシフト制御している。

【0037】請求項3の発明では、図2に示すように、さらに、上記動作点安定化回路（4）による制御は、低周波発振回路（6）が出力した所定の低周波信号により、高周波の上記駆動電圧信号に低周波重畳回路（7）

が振幅変調をかける。一方、上記マッハツェンダ型光変調器(3)から出力される光信号は分岐回路(8)により分枝され、分枝された光信号は光-電気変換回路(9)により電気信号に変換され、位相検出回路(10)は変換された電気信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、この周波数成分の位相を上記低周波信号の位相と比較して、得られた位相差に応じた極性と大きさを有するDC信号を出力する。このDC信号と動作点シフト回路(5)の出力信号とを用いて、上記マッハツェンダ型光変調器(3)のバイアス電圧をバイアス制御回路

(11)がフィードバック制御する事で行われる。

【0038】請求項4の発明では、さらに、上記動作点シフト回路(5)であるオフセット回路(図4参照)は、上記位相検出回路(10)からのDC信号に対し、任意のDC信号を出力して加算する。この任意のDC信号の大きさを調節する事で、上記動作点を上記電圧-光動作特性曲線の任意の位置にシフトできる。

【0039】請求項5の発明では、さらに、上記動作点シフト回路(5)であるシフト回路(図5参照)は、上記光-電気変換回路(9)からの電気信号に対し、任意の振幅を有する低周波を出力して加算する。この任意の振幅の大きさを調節する事で、上記動作点を上記電圧-光動作特性曲線の任意の位置にシフトできる。

【0040】請求項6の発明では、さらに、低周波重畳回路(7)は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、時間軸に対称で、逆位相となるように、低周波信号の重畳を行う。このような重畳された駆動電圧信号を用いる事で、この駆動電圧信号が有する高周波成分の2倍の周波数の高周波成分を有し、駆動電圧信号が有する低周波成分と同一周波数の低周波成分を有する光信号を得る事ができる(図7参照)。

【0041】請求項7の発明では、さらに、低周波重畳回路(7)は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、電圧軸に対称で、同位相となるように低周波信号の重畳を行う。このような重畳された駆動電圧信号を用いる事で、この駆動電圧信号が有する高周波成分の2倍の周波数の高周波成分を有し、低周波成分が無い光信号を得る事ができる(図8参照)。

【0042】請求項8の発明では、さらに、低周波重畳回路(7)は、低周波信号により振幅変調を受けた高周波の駆動電圧信号の包絡線が、時間軸に対し非対称で、一方の包絡線が直線となるように低周波信号の重畳を行う。このような重畳された駆動電圧信号を用いる事で、この駆動電圧信号が有する高周波成分と同一周波数の高周波成分を有し、駆動電圧信号が有する低周波成分と同一周波数の低周波成分を有し、かつデュティ比の小さいパルス列からなる光信号を得る事ができる(図10参照)。

【0043】

【実施例】本発明に係る光送信器の第一実施例を、図3において説明する。この図3は基本的には図2と同じものであるが、従来例を示す図13に動作点シフト回路47を加えたもので、この動作点シフト回路47からの出力信号により動作点安定化回路(図2参照)の一部を構成するバイアス制御回路46を制御し、電圧-光動作特性曲線の任意の位置に動作点をシフトさせるように構成している。

【0044】光源24からの光が、マッハツェンダ型光変調器26に入力され、信号用電極12に印加された駆動電圧信号に応じて変調され、光信号として出力される。光信号の一部は光分岐回路28で分枝される。分枝された一方の光は、光通信に用いられる光信号として取り出される。他方の光は、光-電気変換器30により電気信号に変換される。

【0045】一方、駆動回路32は、入力信号の論理レベルに対応して光信号がON/OFFするよう高周波の駆動電圧信号を出力する。この駆動電圧信号は低周波重畳回路36に入力され、発振器34からの低周波信号が重畳される。

【0046】低周波信号が重畳された駆動電圧信号は、デカップリングコンデンサ38を介して信号電極12の入力端に入力される。これにより駆動電圧信号から直流成分が排除され、図6(c)に示す波形の駆動電圧信号が出力される。即ち、2本の包絡線が時間軸(同図縦軸)に対称で、逆位相となっている。

【0047】図6に具体的に示すように低周波重畳回路36はトランジスタ361から構成され、ベース362に高周波の駆動電圧信号(同図(d))が印加され、コレクタ363に抵抗364を介して低周波信号(同図(e))が印加され、エミッタ365が接地される。これにより抵抗364とコレクタ363との接続点から同図(c)に示すような低周波信号が重畳された駆動電圧信号が出力される。この駆動電圧信号は、信号電極12の入力端に入力され、同図(b)に示すような光信号を出力する。信号電極12の出力端は、図3に示すように、デカップリングコンデンサ40を介して終端抵抗器42に接続される。

【0048】位相検出回路44は、光-電気変換器30からの電気信号に含まれる低周波成分の位相を、発振器34からの低周波信号の位相と比較する。そして位相差の方向と大きさに応じた極性と大きさのDC(直流電圧)信号を出力する。即ち、光-電圧光動作特性曲線(同図(a))のドリフトの極性およびドリフト量に応じたレベルのDC信号を出力することとなる。

【0049】このDC信号は、オペアンプ等からなるバイアス制御回路46に入力される。バイアス制御回路46はこのDC信号が0になるように、信号電極12に与えるバイアス電圧をフィードバック制御する。

【0050】このようにDC信号が0となるようなフィードバック制御が行われると、図6に示すように駆動電圧信号と光ノイズ動作特性曲線との間のドリフトはなくなる。

【0051】さて、この実施例においては動作点シフト回路47がバイアス制御回路46に接続されており、バイアス制御回路46からの出力が任意の値にシフトされるようになっている。即ち、駆動電圧信号（同図(c)）の動作点を電圧-光動作特性曲線（同図(a)）の横軸上を任意の位置にシフトする。シフトされた位置が図6の場合に比べ90度ずれた状態が図7に示されている。

【0052】この図7では、駆動電圧信号の波形の中心が、電圧-光動作特性曲線に対し、出力光電力の極小値が得られる駆動電圧に一致するように、駆動電圧信号の動作点をシフトしており、同図(b)に示すような光信号を出力することができる。

【0053】すなわち、この光信号は、駆動電圧信号が有する高周波成分の2倍の周波数の高周波成分を有する。また駆動電圧信号が有する低周波成分と同一周波数の低周波成分を有し、さらに振幅が駆動電圧信号の1/2となる。

【0054】このようにして、一定の駆動電圧信号に対し従来の光信号（図14参照）と異なる光信号が出力されることは種々の意味がある。その1つとしては、例えば非常に高い高周波成分を有する光信号を出力できることである。

【0055】つまり、光信号は高周波であればあるほど多量の情報を高速で送信することとなるが、電気回路自体の限界により電気回路から出力される駆動電圧信号にそのような高い高周波成分を含ませることは困難であった。それに対し、この実施例によれば駆動電圧信号自体にはそのような高い高周波成分を含ませなくても、出力される電気信号には非常に高い高周波成分を含ませることが可能となる。

【0056】次に、本発明の第二実施例による光送信器を図4により説明する。この図4は従来例を示す図17に動作点シフト回路72を設け、この動作点シフト回路72の出力信号をバイアス制御回路66の非反転入力端子に接続し、この非反転入力端子を抵抗78を介して接地したものである。

【0057】まず、この実施例に用いるマッハツェンダ型光変調器48は、信号電極12およびバイアス電極16を備えている。

【0058】光源としてのDFBレーザダイオード50からの光は、光アイソレータ52を介して光変調器48に入力される。入力された光は変調された後に、光信号として出力される。出力された光信号は光プループ等からなる光分岐回路28で分岐され、分岐された一方の光信号は図示しない光伝送路に送出され、光通信に使用

される。他方の光信号は、ホトダイオード等を用いて構成される光-電気変換器30により電気信号に変換され、さらに増幅器64で増幅されて、位相検出回路44に入力される。

【0059】一方、駆動回路54は増幅回路であり、入力信号を増幅して所定の振幅の駆動電圧信号として出力する。この駆動電圧信号は低周波重畳回路56において、発振器34から可変抵抗58を経て送られて来る低周波信号が重畳され振幅が変調される。

【0060】尚、可変抵抗器58は低周波信号による振幅変調の変調度を調整するためのものである。

【0061】位相検出回路44は、同期検波回路60と低域通過フィルタ62とから成り、増幅器64からの電気信号に含まれる低周波成分の位相を、発振器34からの低周波信号の位相と比較して、動作点ドリフトの方向に応じた極性でかつドリフト量の大きさに応じたレベルのDC信号を得るためのものである。

【0062】このDC信号はバイアス制御回路66に入力される。バイアス制御回路66はオペアンプで構成され、このオペアンプはネガティブフィードバックをかけた構成となっており、反転入力端子側に入力されるDC信号が動作点シフト回路72の出力信号を受ける非反転入力端子側の電圧（従来の図17のように接地されている場合には0となる）に等しくなるように光変調器48のバイアス電極16にバイアス電圧を与えることとなる。

【0063】この第二実施例では、第一実施例（図3）のようにコンデンサ38を有するのではなく、駆動電圧信号が直接に信号電極12に与えられている。このため駆動電圧信号から直流成分が除かれることがなく図6(c)に示すような時間軸に対称となる形状の駆動電圧信号波形は得られない。

【0064】そこで、このような対称の形状の波形を得ることができる対称変調を可能にするために、信号電極12とは別に設けたバイアス電極16（図11参照）に与えるバイアス電圧にも低周波信号を重畳する。

【0065】即ち、発振器34からの低周波信号が可変抵抗68およびカップリングコンデンサ70を介してバイアス電極16に与えられる。

【0066】さて、この実施例においてバイアス制御回路66に対して設けられている動作点シフト回路72は、任意のDC信号を出力するオフセット回路である。このオフセット回路は、オペアンプ74を用いて構成されたバッファ回路であり、可変抵抗器76によって任意に設定される非反転入力端子側の電圧が、出力端子側に出される。

【0067】このような構成とすることで、動作点シフト回路72の可変抵抗76の抵抗値を変えることで、動作点シフト回路72から任意のDC信号を出力することができ、このDC信号を位相検出回路44からのDC信

号に加算することとなる。

【0068】即ち、従来はバイアス制御回路66により位相検出回路44からのDC信号が0となるようなフィードバック制御が行われていたが、この実施例においては位相検出回路44からのDC信号が動作点シフト回路72からの出力信号と同一となるようなフィードバック制御が行われることとなる。

【0069】このようにして可変抵抗76の抵抗値を任意の値とすることで、電圧—光動作特性曲線の動作点を任意の位置にシフトできることとなる。

【0070】以上の第二実施例では、動作点シフト回路72は任意のDC信号を出力して加算するオフセット回路であったが、図5に示す第三実施例のように動作点シフト回路72は任意の振幅を有する低周波を出力して加算するシフト回路であってもよい。

【0071】すなわち、発振器34からの低周波信号を、オペアンプ80によって構成された反転可変増幅器で任意の振幅に増幅する。増幅率は二つの抵抗82、84の比で決まり、可変抵抗82の値を大きくすれば振幅は大きくなる。

【0072】この増幅された低周波信号は、増幅器64からの電気信号に加算される。これによっても、電圧—光動作特性曲線の任意の位置に動作点をシフトすることができ。

【0073】以上の3つの実施例においては、電圧—光動作特性曲線に対する動作点がシフトされる駆動電圧信号は、時間軸に対称で逆位相となるものであった(図7参照)。

【0074】しかしながら、図8に示す第四実施例のように、駆動電圧信号(同図(c))の2本の包絡線が、時間軸に対して同位相となるように重畳を行うことも可能である。このような重畳は図示の重畳回路36のように、トランジスタ361のベース362に高周波の駆動電圧信号(同図(d))のみならず低周波信号(同図(e))を合わせて印加する。コレクタ363は抵抗364を介してトランジスタ361の駆動電源に接続する。エミッタ365は接地する。また、図6に示すようなコンデンサ38は設けられない。これによりコレクタ363と抵抗364との接続点から同図(c)に示すような駆動電圧信号が出力される。

【0075】このとき駆動電圧信号の波形の中心は、電圧—光動作特性曲線に対し、出力光電力の極小値が得られる駆動電圧信号と一致するように、駆動電圧信号側の動作点がシフトされるものとする。このとき出力される光信号(同図(b))は、駆動電圧信号が有する高周波成分の2倍の周波数の高周波成分を有し、低周波成分はなく、これにより、光通信システムの特定の適用形態に応じられる光信号を出力することが可能となる。

【0076】また、図9に示す第五実施例のように、出力される駆動電圧信号の2本の包絡線が、時間軸に対し

非対称で、一方の包絡線が直線となるように、低周波信号の重畳を行うことも可能である。

【0077】即ち、トランジスタ361のベース362には高周波入力信号(同図(d))を印加し、コレクタ363には低周波信号(同図(e))を抵抗364を介して印加する。これによりコレクタ側363と抵抗364との接続点から、同図(c)に示すような駆動電圧信号が出力できる。

【0078】このとき駆動電圧信号の一方の包絡線となる低周波の中心は、電圧—光動作特性曲線(同図(a))に対し、出力光電力の極小値が得られる駆動電圧に一致するように、駆動電圧信号の動作点をシフトする。

【0079】これにより出力される光信号(同図(b))は、駆動電圧信号が有する高周波成分と同一周波数の高周波成分を有する。また、駆動電圧信号が有する低周波成分と同一周波数の低周波成分を有する。

【0080】さらに、図10に示すように、この駆動電圧信号を構成するパルス列を粗にすることにより、駆動電圧信号のパルス列よりも光信号のパルス列はデューティ比が小さいものとなっている。このようにデューティ比の小さいパルス列の光信号を得ることにより、光通信システムの特定の適用形態である疑似的なソリトン伝送に適用可能な光信号を得られることとなる。

【0081】

【発明の効果】請求項1、2、3、4、または5の発明によれば、動作点安定化回路を利用して、動作点シフト回路が上記動作点を上記電圧—光動作特性曲線の任意の位置にシフトでき、電圧側の動作点を電圧—光動作特性曲線に対して任意の位置にシフトし安定させられるので、光通信システムの種種の適用形態に容易に応じられる。請求項6の発明によれば、さらに、駆動電圧信号が有する高周波成分の2倍の周波数の高周波成分を有し、駆動電圧信号が有する低周波成分と同一周波数の低周波成分を有する光信号を安定して得る事ができ(図7参照)、光通信システムの所定の適用形態に容易に応じられる。請求項7の発明によれば、さらに、駆動電圧信号が有する高周波成分の2倍の周波数の高周波成分を有し、低周波成分が無い光信号を安定して得る事ができ(図8参照)、光通信システムの所定の適用形態に容易に応じられる。請求項8の発明によれば、さらに、駆動電圧信号が有する高周波成分と同一周波数の高周波成分を有し、駆動電圧信号が有する低周波成分と同一周波数の低周波成分を有し、かつデューティ比が小さいパルス列からなる光信号を安定して得る事ができ(図10参照)、光通信システムの所定の適用形態に容易に応じられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光送信器の概念構成(1)を示すブロック図である。

【図2】本発明に係る光送信器の概念構成(2)を示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施例に係る光送信器のブロック図である。

【図4】本発明の第二実施例に係る光送信器のブロック図である。

【図5】本発明の第三実施例に係る光送信器のブロック図である。

【図6】図3に示す光送信器における動作点のシフトを行っている状態の各信号の波形を説明する図である。

【図7】図6において動作点のシフトを行った状態を示す図である。

【図8】本発明の第四実施例における各信号の波形を示す図である。

【図9】本発明の第五実施例における各信号の波形を示す図である。

【図10】図9における各信号のパルス列を粗にした状態を示す図である。

【図11】本発明の実施に使用することができるマッハツェンダ型光変調器一例を示す平面図である。

【図12】マッハツェンダ型光変調器の原理的な電圧-

光動作特性曲線を説明する図である。

【図13】電圧-光動作特性曲線のドリフト補償を行うための従来の光送信器のブロック図である。

【図14】図13の光送信器においてドリフトが発生していない場合の波形を説明するための図である。

【図15】図13の光送信器において正方向のドリフトが発生している場合の波形を説明するための図である。

【図16】図13の光送信器において負方向のドリフトが発生している場合の波形を説明するための図である。

【図17】第二の従来例を示す光送信器のブロック図である。

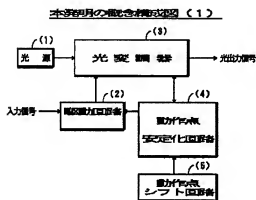
【図18】図17の光送信器のブロック図における各部の信号の波形を説明するための図である。

【符号の説明】

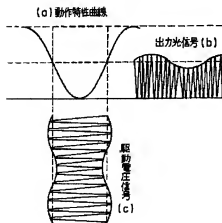
- 4 入力ポート
- 6, 8 分岐導波路
- 10 出力ポート
- 12 信号電極
- 16 バイアス電極

20 図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

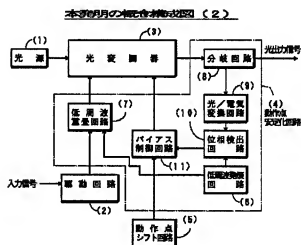
【図1】



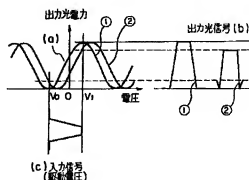
【図7】



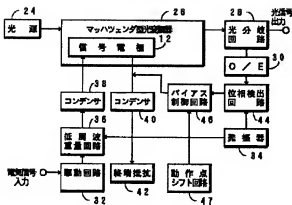
【図2】



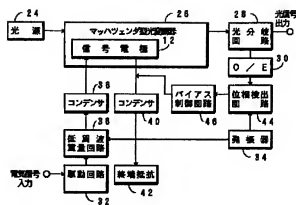
【図12】



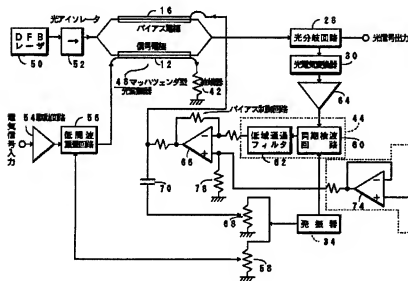
【図3】



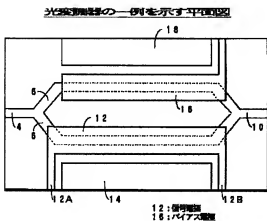
【図13】



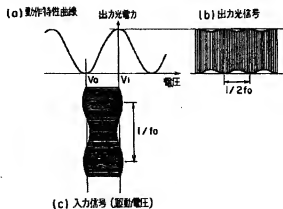
【図4】



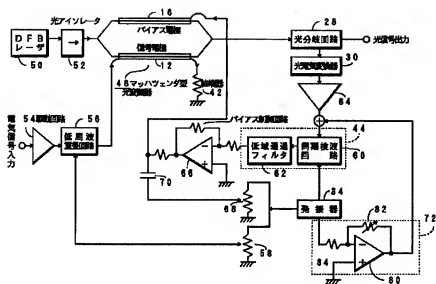
【図11】



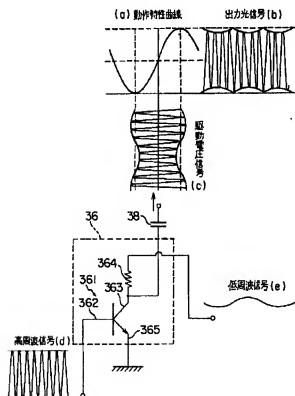
【図14】



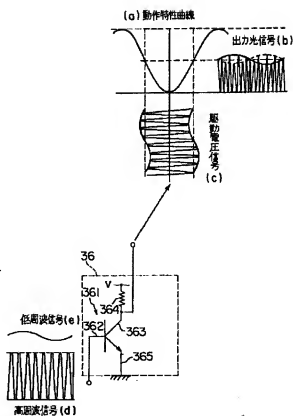
【図5】



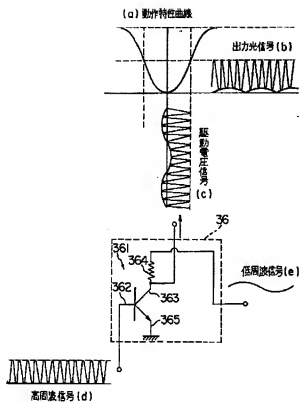
【図6】



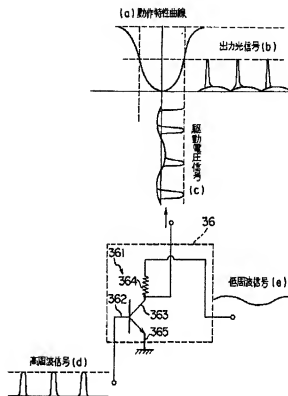
【図8】



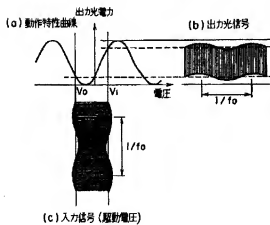
【図9】



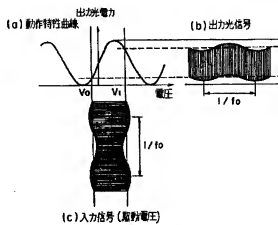
【図10】



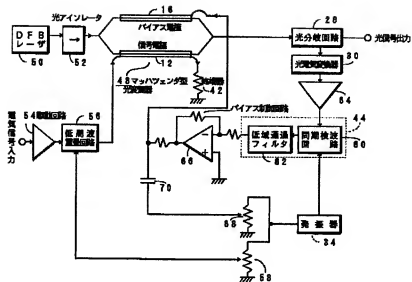
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

